

запишется в виде

$$I_6(t) = \frac{\varepsilon}{R_1} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} e^{-\frac{t}{R_2 C}} \right).$$

Постоянная времени $\tau = R_2 C$ является характерным временем данного переходного процесса. При $t \ll R_2 C$ ток через батарею практически не успевает заметно измениться, а при $t \gg R_2 C$ можно считать, что переходной процесс закончился и через батарею течет постоянный ток $I_6 = \varepsilon/R_1$. График зависимости $I_6(t)$ показан на рисунке 8.

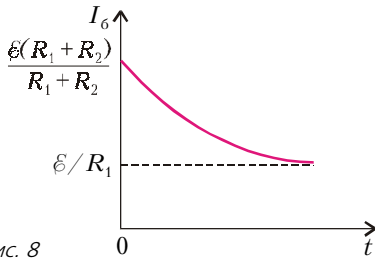


Рис. 8

На примере разобранный схемы мы рассмотрели все три процесса. До замыкания ключа ток через батарею равен нулю, сразу после замыкания ток скачком возрастает до значения $I_6(0) = (R_1 + R_2)\varepsilon/(R_1 R_2)$, затем по экспоненте спадает до установившегося значения $I_6(\infty) = \varepsilon/R_1$.

Задача 5. В схеме на рисунке 9 ключи K_1 и K_2 разомкнуты, а конденсаторы не заряжены. Ключ K_1 замыкают, оставляя K_2 разомкнутым. 1) Какие напряжения установятся

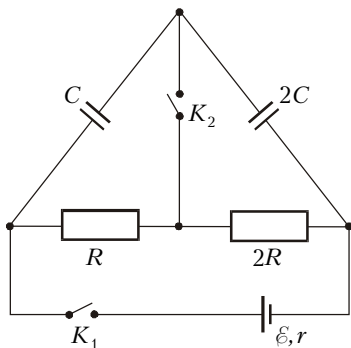


Рис. 9

на конденсаторах? 2) Какой заряд протечет через ключ K_2 , если его замкнуть (при замкнутом ключе K_1)? Параметры схемы указаны на рисунке.

1) В установившемся режиме после замыкания ключа K_1 общее напряжение на конденсаторах будет равно суммарному падению напряжения на резисторах:

$$U_{\text{общ}} = \frac{3R\varepsilon}{r + 3R}.$$

Поскольку суммарная емкость конденсаторов $C_{\text{общ}} = 2C/3$, заряды на конденсаторах равны

$$q_1 = q_2 = C_{\text{общ}} U_{\text{общ}} = \frac{2RC\varepsilon}{r + 3R},$$

а напряжения составляют

$$U_1 = \frac{q_1}{C} = \frac{2R\varepsilon}{r + 3R}$$

и

$$U_2 = \frac{q_2}{2C} = \frac{R\varepsilon}{r + 3R}.$$

2) До замыкания ключа K_2 на верхней пластине конденсатора C (более точно – конденсатора емкостью C) находился заряд $-q_1$, а на верхней пластине второго конденсатора – заряд $+q_2$. После замыкания ключа K_2 и установления нового стационарного состояния напряжения на конденсаторах изменятся и будут равны

$$U'_1 = \frac{R\varepsilon}{r + 3R} \text{ и } U'_2 = \frac{2R\varepsilon}{r + 3R}.$$

Новый заряд на верхней пластине конденсатора C будет $q'_1 = -U'_1 C$, а на верхней пластине второго конденсатора будет заряд $q'_2 = +U'_2 \cdot 2C$. Очевидно, что через ключ K_2 протечет заряд

$$Q = (q'_1 + q'_2) - (-q_1 + q_2) = \frac{3RC\varepsilon}{r + 3R}.$$

Задача 6. В электрической схеме, состоящей из батареи с ЭДС $\varepsilon = 20$ В, резисторов с сопротивлениями $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом и конденсатора, замыкают

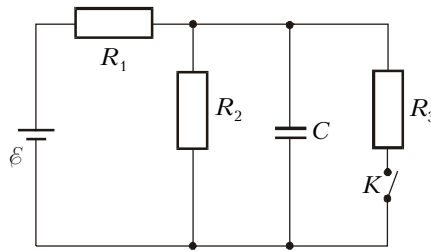


Рис. 10

ключ K (рис.10). 1) Найдите ток через резистор R_3 сразу после замыкания ключа. 2) Определите ток через батарею в тот момент времени, когда напряжение на конденсаторе станет равным $3/5 \varepsilon$. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

1) До замыкания ключа часть электрической схемы находится в стационарном режиме: через резисторы и батарею течет постоянный ток

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2},$$

конденсатор C заряжен до напря-

жения

$$U_C = IR_2 = \frac{R_2 \varepsilon}{R_1 + R_2} = \frac{40}{3} \text{ В} \approx 13,3 \text{ В}.$$

Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе останется неизменным, и через резистор R_3 потечет ток (сверху вниз)

$$I_3 = \frac{U_C}{R_3} = \frac{R_2 \varepsilon}{R_3 (R_1 + R_2)} = \frac{40}{9} \text{ А} \approx 0,44 \text{ А}.$$

2) Сначала разберемся, в каком режиме будет находиться наша схема: то ли это будет переходной процесс, то ли стационарный режим. Для этого найдем установившееся напряжение на конденсаторе в стационарном режиме. Эквивалентная схема, соответствующая этому случаю, будет иметь вид, изображенный на рисунке 11. Общее

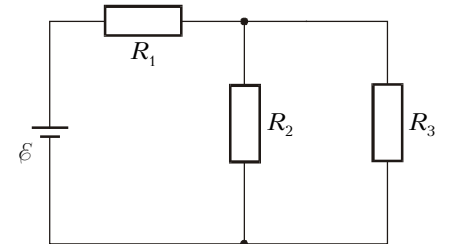


Рис. 11

сопротивление цепи равно

$$R_{\text{общ}} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3},$$

через резистор R_1 течет ток

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}}} = \frac{(R_2 + R_3)\varepsilon}{R_1(R_2 + R_3) + R_2 R_3},$$

напряжение на этом резисторе равно

$$U_1 = I_1 R_1 = \frac{R_1 (R_2 + R_3)\varepsilon}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3},$$

а на резисторах R_2 и R_3 (такое же, как на конденсаторе) –

$$U_2 = U_3 = U_C = \varepsilon - U_1 = \frac{R_2 R_3 \varepsilon}{R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3} = \frac{120}{11} \text{ В} \approx 11 \text{ В}.$$

Поскольку нас интересует напряжение $U_C = 3/5 \varepsilon = 12$ В, очевидно, что состояние системы соответствует переходному процессу. В этот момент напряжение на резисторе R_1 равно

$$U'_1 = \varepsilon - U_C = \frac{2}{5} \varepsilon,$$